

Evaluation of Heavy Metals Concentration and Its Consumption Risk in Trout Fish (*Oncorhynchus Mykiss*)

Hadi Tahsini^{1*}, Maryam Alizadeh², Hoshyar gavilan³

1. M.Sc. Student, Environment Pollution, Faculty of Natural Resources,
University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2. M.Sc. Student, Environment Pollution, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences,
University of Kashan, Iran

3. M.S Student in Natural Resources Engineering Department of Environment,
University of Kurdistan, Iran

* E-mail: haditahsini@yahoo.com

Received: 22 Feb 2018 ; Accepted: 21 Jul 2018

ABSTRACT

Background and Objectives: Nowadays, the pollution of aquatic ecosystems caused by entry of heavy metals is an issue that makes it essential to check the wholesomeness of the aquatic animals that are consumed by human. When these metals enter the canvas of aquatic organisms, cause tension due to bioavailability, and their toxicity leads to teratogenic, mutagenic and carcinogenic effects in living organisms.

Methods: Thirty rainbow trout were prepared from each fishing farm pond which are located in Sanandaj (Nanale Village) and Kamyaran (Diwaznaw Village). Then, samples were prepared using acid digestion method in the laboratory and the concentration of these metals was measured using atomic absorption spectrometer (Phonix 986). The achieved data were analyzed using SPSS software.

Results: The average concentration of the Copper in liver and muscle tissues was 1. 53 and 0.15, Magnesium 3.7 and 7.57, Iron 0.28 and 0.6, Zinc 4.52 and 1.05, and Nickel 0.04 and 0.03 µg/g of fresh weight. The maximum daily consumption allowance was 888.7 g for adults and 177.77 g for children.

Conclusion: The average concentration of Copper, Iron, Zinc, Nickel and Magnesium in muscle tissue of rainbow trout compared to international standards, is slightly lower than that at current consumption rates, long-term health risks to consumers is realized.

Keywords: Heavy metals, Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), length, Fish farming ponds, Risk assessment, Consumption.

ارزیابی غلظت فلزات سنگین و ریسک مصرف آن در ماهی قزلآلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در حوضچه‌های پرورش ماهی (مطالعه موردی: شهرستان کامیاران و سنتنج)

هادی تحسینی^{۱*}، مریم علیزاده^۲، هوشیار گویلیان^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنتنج، ایران

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

^۳ کارشناس ارشد محیط زیست و کارشناس آزمایشگاه، گروه محیط زیست دانشگاه کردستان، سنتنج ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۳؛ تاریخ پذیرش: ۰۴/۰۳/۱۳۹۷

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلودگی اکوسیستم‌های آبی در اثر ورود فلزات سنگین، امری است که بررسی سلامت آبزیان مورد استفاده انسان را ضروری می‌سازد. این فلزات وقتی وارد بوم سازگان آبی می‌شوند، به علت توانایی انباشتگی زیستی سبب تنش شده و غلظت سمی آن‌ها باعث اثرات تراوت‌ژنیک، جهش زایی و سرطان زایی در ارگانیسم‌های زنده می‌شود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۰ قطعه ماهی قزلآلای رنگین‌کمان از هر حوضچه پرورش ماهی واقع در شهرستان‌های سنتنج (روستای ننه) و کامیاران (روستای دیوزناو) تهیه گردید. سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از روش هضم آسیدی، آماده سازی شدند و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل (Phonix 986) غلظت فلزات مذکور اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت فلز مس در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب $1/53$ و $0/51$ ، برای منیزیم $2/7$ و $7/57$ ، برای آهن $0/06$ و $0/05$ ، برای روی $4/52$ و $1/05$ و برای نیکل $0/04$ و $0/03$ میکروگرم برگرم وزن تر به دست آمد. مقدار حداقل مصرف مجاز روزانه $888/7$ گرم برای بزرگسالان و برای کودکان $177/7$ گرم محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت فلزات مس، آهن، روی، نیکل و منیزیم در بافت عضله ماهی قزلآلای رنگین‌کمان در مقایسه با استاندارهای بین‌المللی، پایین‌تر از حدی است که با میزان مصرف کنونی، خطرات بهداشتی را در بلند مدت متوجه مصرف کنندگان آن کند.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، قزلآلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*), طول چنگالی، حوضچه پرورش ماهی، ارزیابی ریسک مصرف

*نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنتنج، ایران
ایمیل: haditahsini@yahoo.com
تلفن تماس: ۰۸۷-۳۳۶۶۴۶۰۰

مقدمه

اصلی تغییر شکل زیستی فلزات است. این اندام عمدتاً در معرض فلزات سنگین قرار دارد و این مواد از طریق دستگاه گردش خون یا دستگاه گوارش وارد کبد می‌شوند همچنین بافت کبد نیز به دلیل فعل و انفعالات بالای خون در آن مورد بررسی قرار گرفت. فلز روی از عناصر ضروری بدن می‌باشد که کمبود آن بر روی سیستم ایمنی بدن تاثیر منفی می‌گذارد^۷. این عنصر در مقادیر اندک برای ماهی ضروری است و به عنوان کاتالیزور در ساختار اکثر آنزیم‌های فعال در سوخت‌وساز انرژی نقش دارد و میزان اندک آن تهدیدی جدی محسوب نمی‌شود^۸. حد مجاز فلز سنگین روی در بدن ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) سازمان خوار و بار کشاورزی (Food and Agriculture Organization) (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) (UK) Ministry of Agriculture Fisheries and Food) به ترتیب ۱۰۰، ۵۰ و ۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد. وجود مقدار اندک نیکل نیز در مواد غذایی برای بدن ضروری است، حد مجاز فلز سنگین نیکل در بدن ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) به ترتیب ۰/۴، ۰/۰ و - میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد. زمانی که غلظت نیکل از حد مجاز خود فراتر رود، اثرات زیانباری به همراه خواهد داشت. این اثرات، احتمال مبتلا شدن به سرطان دستگاه تنفسی و پروستات را افزایش می‌دهد. نیکل برای ماهیان سمی بوده و در بافت‌های کبد، کلیه، آبشش و ماهیچه تجمع می‌یابد. سمیت این عنصر در حضور روی، افزایش می‌یابد^۹. غلظت‌های زیاد آهن باعث رویدادهای پاتولوژیک مانند رسوب اکسیدهای آهن در بیماری پارکینسون می‌شود^{۱۰، ۱۱}. حد مجاز فلز سنگین آهن در بدن

امروزه آلودگی اکوسیستم‌های آبی از عوامل مختلفی از جمله ورود عوامل میکروبی و باکتریایی، مواد آلی، فلزات سنگین، آلودگی نفتی و اختلالات حرارتی متأثر می‌شوند. در این میان، آلودگی به فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن این مواد و پایداری آن‌ها در محیط‌زیست، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند^۱. فلزات سنگین به دلیل ویژگی ماندگاری و تجمع زیستی به راحتی در سطوح زنجیره غذایی انتقال می‌یابند^۲. در میان منابع غذایی، ماهیان به طور مداوم در معرض فلزات سنگین موجود در آب‌های آلوده قرار دارند، این فلزات می‌توانند در بافت‌های ماهی به میزان متفاوت تجمع یابند^{۳، ۴}. مصرف روزافزون آبریان آلوده به فلزات سنگین، به وسیله انسان و مسمومیت‌های ناشی از آن‌ها در ۵۰ سال گذشته آشکارتر شده است^۵. این آلاینده‌ها می‌توانند به ناقل‌ها و ماکرومولکول‌های قابل عبور از غشاء متصل و در نتیجه به داخل سلول‌ها راه یابند و اثر خود را بر جای گذارند^۶.

این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، آهن، نیکل و منیزیم در ماهی قزلآلای رنگین‌کمان و ارزیابی ریسک آن انجام شد. محدوده‌های مطالعاتی شامل دو حوضچه پرورش ماهی است که در دو روستای نتله در شهرستان سندج و دیوزناو در شهرستان کامیاران واقع شده اند. به منظور اندازه گیری این فلزات در ماهی، بافت عضله و کبد انتخاب گردید. بافت عضله به واسطه مصرف آن و تنش مهمنی که در تغذیه انسان دارد، لذا لزوم اطمینان از سلامت آنپروری می‌باشد. بافت کبد شاخص مناسبی برای در معرض قرار گرفتن طولانی با فلزات سنگین محسوب می‌شود، زیرا این بافت محل متابولیسم فلزات است که می‌تواند نشانگر مناسبی برای آلودگی با فلزات سنگین استفاده شود. کبد جانوران مهم‌ترین محل انجام فرآیندهای سمزدایی و محل

^{۱۷} . تصمیم‌گیری‌های مدیریتی زیست‌محیطی بر اساس ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک انجام می‌شوند. به طور کلی، ارزیابی ریسک، فراهم‌کننده اصول علمی برای قانون‌گذاری‌های زیست‌محیطی می‌باشد.^{۱۸} مطالعات مختلفی تاکنون به بررسی میزان جذب روزانه فلزات در اثر مصرف ماهی پرداخته‌اند. ما و سینقیرون سورن (۲۰۱۲)،^{۱۹} شاخص ریسک برای فلزات مس، روی، سرب و کادمیوم را بیش از یک محاسبه نمودند. همچنین در مطالعه^{۲۰} منصوری و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، مس، منگنز، کروم، منیزیم، نقره، آهن و روی) شاخص ریسک برای همه فلزات مورد بررسی به غیر از فلز کروم کمتر از یک به دست آمد. از دیگر پژوهش‌ها می‌توان به تحقیق یوسرو و همکاران (۲۰۰۳)^{۲۱} که به بررسی فلزات سنگین در سه گونه ماهی از جمله کفال طلایی در سواحل جنوبی آتلانتیک در اسپانیا، تقوی جلوه‌دار و همکاران (۲۰۱۱)^{۲۲} مقایسه غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف کفال طلایی در جنوب دریای خزر، اردن و همکاران (۲۰۱۲)^{۲۳} انباست فلزات و ارزش غذایی در بافت عضله طلایی کفال در بندر کیا شهر (دریای خزر) اشاره نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده‌های مطالعاتی شامل دو حوضچه پرورش ماهی است که در دو روستای ننه در شهرستان سنتنگ و دیوزناو در شهرستان کامیاران واقع شده‌اند. روستای ننه در ۴۷ درجه و ۱ دقیقه ۵۹ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه ۲۲ دقیقه ۳۲ ثانیه عرض شمالی واقع شده و روستای دیوزنا در ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۲ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۶ دقیقه و ۴۱ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. حوضچه ننه از رودخانه یا سد قشلاق سنتنگ و حوضچه دیوزنا و از رودخانه سیروان تأمین می‌گردد که در مابین شهر کامیاران و اورامانات واقع شده

ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) وزارت کشاورزی، شیلات و غذاي انگلستان (MAFF) به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰ و - میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد. غلظت مازاد مس باعث آسیب به کبد می‌شود و روی موجب اختلال در کارکرد مواد مغذی با مس می‌شود.^۱ همچنین عنصر مس در ساختمان بعضی پروتئین‌ها نظیر کوئیرولپلاسمین و آنزیم‌ها نظیر سیتوکروم اکسیداز کاتالاز، نقش حیاتی را دارا می‌باشد و در سنتز هموگلوبین و جذب آهن نیز مؤثر است. حد مجاز فلز سنگین مس در بدن ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذاي انگلستان (MAFF) به ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۲۰ میکروگرم بر گرم وزن تر می‌باشد. افزایش میزان مس باعث ایجاد اختلال در جذب آهن و روی، کم خونی و تأثیر بر سلامت باروری انسان دارد.^۲ کاهش منیزیم باعث انقباض عروقی و جراحت آندوتلیوم عروقی می‌گردد که منجر به ایجاد و گسترش آترواسکلروزیس شود. سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذاي انگلستان (MAFF) هیچ حد مجازی را برای فلز سنگین منیزیم تعیین نکرده‌اند. حد مجاز برخی مطالعات کاهش قابل توجه سطوح سرمی منیزیم را در بیماران مبتلا به بیماری‌های عروقی نشان داده‌اند.^{۱۳، ۱۴}

ارزیابی ریسک غذایی فلزات سنگین را می‌توان به وسیله محاسبه شاخص ریسک مصرف برآورد کرد.^{۱۶} ارزیابی ریسک سلامت به عنوان ابزاری برای سنجش و ارزیابی آسیب‌های ناشی از تماس با عوامل ریسک (همچون آلاینده‌های شیمیایی، فلزات سنگین و غیره) و همچنین به عنوان مبنای برای توسعه استراتژی‌های مدیریت ریسک می‌باشد. ارزیابی ریسک فرآیندی است که طی آن، احتمال و بزرگی خسارت، آسیب ناشی از یک ریسک و تهدید بالقوه سلامتی تخمين زده می‌شود

تزریق و غلظت فلزات مورد نظر به روش شعله بر حسب میانگین گرم بر گرم وزن ترا اندازه‌گیری شدند و محلول استاندارد از محلول ppm ۱۰۰۰ تهیه شد. حداکثر تعداد محلول استاندارد ۵ محلول است که حاوی غلظت‌های مشخصی از فلزات مورد نظر است که در این آزمایش از ۳ محلول استاندارد استفاده شد. بعد از کالبیره کردن دستگاه با محلول استاندارد نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شدند. پس از میانگین گیری فلزات توسط اتم‌های عنصر مورد نظر پس از تزریق نمونه به داخل کوره توسط دستگاه داده شد. سپس از روش منحنی درجه‌بندی طبق ترتیب استانداردها و قرائت میزان جذب آن‌ها کالبیراسیون انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت. در ابتدا برای بررسی توزیع نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. به منظور مقایسه غلظت‌های هر فلز در بافت‌های کبد و عضله از آزمون‌تی تست استفاده شد. جهت تعیین همبستگی غلظت فلزات سنگین در هر بافت با طول چنگالی و وزن کل از آزمون همبستگی (HQ) پیرسون استفاده شد. جهت محاسبه شاخص ریسک (Risk) ابتدا باید میزان مصرف روزانه محاسبه شود. مصرف روزانه (ADD) با استفاده از روش آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا^{۱۷} (United States Environmental Protection Agency) از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$ADD = Cm * DC / BW \quad (1)$$

طبق رابطه فوق ADD، مصرف روزانه بر حسب میکروگرم بر گرم در روز؛ Cm، میانگین فلز سنگین بر حسب میکروگرم بر گرم؛ DC، مصرف روزانه بر حسب گرم در روز (۲۵ گرم در روز؛^۳ BW؛ میانگین وزن بدن افراد بر حسب کیلوگرم (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ و ۱۴ کیلوگرم برای کودکان) می‌باشد.

شاخص ریسک با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود که طبق آن اگر بیش از یک باشد ریسک مصرف وجود دارد و

است. در این پژوهش از حوضچه‌های مستطیل شکل استفاده شده است. این نوع حوضچه‌ها در شکل ظاهری و نحوه ورود و خروج آب شبیه کanal‌های دراز بتونی هستند ابعاد این حوضچه به ارتفاع ۱ متر و عرض ۳ تا ۶ متر و طول ۳۰ تا ۴۰ متر می‌باشد.

روش تحقیق

تعداد ۶۰ قطعه ماهی قزلآلای رنگین‌کمان در تابستان سال ۱۳۹۶ از حوضچه‌های پرورش ماهی برداشت شد. معیار انتخاب زمان نمونه برداری به این دلیل بود که ماهیان در این فصل در حداکثر رشد و تغذیه قرار دارند و جمعیت ماهی قزل‌الای رنگین‌کمان در این فصل حداکثر می‌باشد. انتخاب نمونه‌ها به طور تصادفی انجام شد. برای آماده سازی نمونه ها، پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا با آب دیونیزه شست و شو و سپس طول چنگالی و وزن ماهی‌ها به ترتیب به وسیله تخته بیومتری با دقیقه ۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقیقه ۱ گرم اندازه‌گیری شدند. مقدار ۲۰ گرم از هر دو بافت کبد و عضله (عضله سفید ساقه دمی ماهی) از نمونه‌های ماهی جدا و در آون با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خیس گردید. سپس نمونه‌های خیس شده به دستگاه دسیکاتور انتقال داده و پس از رسیدن به وزن ثابت در هاون چینی تا زمان پودر شدن کامل سائیده شدند. سپس ۰/۵ گرم (وزن تر) از نمونه کاملاً پودر شده ماهی را با افزودن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (HNO₃) تا دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد در حمام التراسونیک حرارت داده شدند تا محلولی کاملاً شفاف برای اندازه‌گیری فلزات به دست آید^{۲۴}. سوسپانسیون‌های ایجاد شده را با استفاده از کاغذ صافی و اتمن ۴۲ میکرومتر صاف و محلول صاف شده را به یک بالن مدرج منتقل و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین محلول یکنواخت به دست آمده به مقدار ۱۰ میکروگرم در لیتر به دستگاه جذب اتمی مدل Phonix 986

۲/۳۶ و ۶/۱۲ میکروگرم برگرم وزن تر می باشد ($P<0.05$).

میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز آهن در بافت‌های کبد و عضله نیز ۰/۲۸ و ۰/۰۶ میکروگرم برگرم وزن تر است ($P<0.05$). میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز روی در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ۴/۵۲ و ۱/۰۵ میکروگرم برگرم وزن تر است ($P<0.05$). میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز نیکل در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۳ میکروگرم برگرم وزن تر است ($P<0.05$).

نتایج آزمون همبستگی غلظت فلزات سنگین هر بافت با طول چنگالی و وزن کل در جدول ۲ آورده شده است. به این ترتیب، رابطه بین طول چنگالی با غلظت فلز منیزیم در هر دو بافت کبد و عضله همبستگی معنی‌داری وجود دارد. برای فلز مس در بافت عضله و برای فلز روی در بافت کبد با طول چنگالی همبستگی معنی‌دار وجود دارد. رابطه بین غلظت فلزات سنگین با وزن کل در هر دو بافت کبد و عضله برای مس، منیزیم، آهن و روی همبستگی معنی‌دار وجود دارد و برای فلز آهن در بافت عضله این همبستگی معنی‌دار است. بین غلظت فلز نیکل در هر دو بافت با طول چنگالی و وزن کل رابطه معنی‌داری وجود نداشت.

اگر کمتر از یک باشد، ریسک وجود ندارد.

$$HQ = \text{ADD} / \text{RFD}$$

مقدار دوز مواجهه (RFD) برای فلزات مس، آهن، روی و نیکل طبق استاندارد USEPA (۲۰۰۰) به ترتیب ۰/۰۴، ۰/۷ و ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد.

مقدار مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان فلزات مذکور در مطالعه حاضر از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$CR = (\text{RFD} * \text{BW}) / C$$

طبق رابطه فوق CR، حداقل میزان مجاز مصرف در روز بر حسب گرم در روز؛ C، میانگین غلظت فلز مورد مطالعه بر حسب میکروگرم بر گرم می‌باشد.

یافته‌ها

مشخصات آماری غلظت فلزات سنگین در بافت عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در جدول ۱ ذکر شده است. بدین ترتیب میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز مس در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ۴/۹۱ و ۰/۹۸ میکروگرم برگرم وزن تر است ($P<0.05$). همچنین میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز منیزیم در بافت‌های کبد و عضله به صورت

جدول ۱: مشخصات آماری غلظت فلزات سنگین در بافت عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (میکروگرم برگرم وزن تر)

فلز	بافت	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
مس	کبد	۴/۹۱	۰/۴	۱/۵۳ ^a	۱/۱
	عضله	۰/۹۸	۰/۱۵	۰/۵۱ ^b	۰/۲۳
	کبد	۹/۹۴	۰/۳۵	۲/۷۸ ^a	۲/۸۷
	عضله	۱۳/۹۵	۴/۰۲	۷/۵۷ ^b	۲/۹۱
منیزیم	کبد	۰/۴۸	۰/۱۲	۰/۲۸ ^a	۰/۰۸
	عضله	۰/۶۵	۰/۰۲	۰/۰۶ ^b	۰/۱
	کبد	۸/۹۷	۲/۱۳	۴/۵۲ ^a	۱/۶
	عضله	۱/۹۸	۰/۳۵	۱/۰۵ ^b	۰/۴۴
آهن	کبد	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۴ ^a	۰/۱۶
	عضله	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۴ ^b	۰/۰۱
	کبد	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲ ^b	نیکل

ارزیابی غلظت فلزات سنگین و ریسک مصرف آن در ماهی قزلآلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در حوضچه‌های پرورش ماهی

حروف متفاوت در ستون مربوط به هر فلز نشانه تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۲: نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین هر بافت با طول چنگالی (میلی‌متر) و وزن کل (گرم)

	وزن کل	طول چنگالی	بافت	فلز
P_Value	r	P_Value	r	
*	۰/۵۱۲**	۰/۱۲	۰/۲۰۳	کبد
*	۰/۵۳۱**	۰/۰۰۱	۰/۴۱۸**	عضله مس
*	۰/۵۷۴**	۰/۰۱۰	۰/۳۳۲**	کبد
*	۰/۵۹۷**	۰/۰۰۶	۰/۳۵۰**	عضله منیزیم
۰/۷۷۱	۰/۰۳۸	۰/۳۶۹	۰/۱۱۸	کبد
۰/۰۱۴	۰/۳۱۴*	۰/۴۹۵	۰/۰۹	عضله آهن
*	۰/۵۱۲**	۰/۰۴۳	۰/۲۶۲*	کبد روی
۰/۰۰۷	۰/۳۴۷**	۰/۸۱۰	-۰/۰۳۲	عضله آهن
۰/۰۹۶	۰/۲۱۷	۰/۸۴۴	-۰/۰۲۶	کبد نیکل
۰/۳۳۳	۰/۱۲۷	۰/۸۴۲	۰/۰۲۶	عضله نیکل

* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

جدول ۳: نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن تر)

نیکل	روی	آهن	منیزیم	مس
۱				۱ مس
		۱	۰/۵۵۸**	منیزیم
		۱	-۰/۰۸۸	آهن
۱	-۰/۲۵۳	۰/۴۶۴**	۰/۷۰۵**	روی
۱	۰/۱۴۱	-۰/۰۰۴	۰/۱۵۴	نیکل

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

مقدار ۵/۶۰۷ برای بزرگسالان (با وزن ۷۰ کیلوگرم) و ۳۲/۴۱ برای کودکان (با وزن ۱۴ کیلوگرم)، بیانگر این مطلب است که برای استفاده ۲۵ گرم در روز ماهی قزلآلای رنگین‌کمان که به عنوان میانگین مصرفی تعیین شده توسط سالنامه آمار شیلات ایران (۲۰۱۴) ^{۲۵} در منطقه موردمطالعه ریسک مصرف وجود دارد. طبق نتایج مقدار حداقل مصرف مجاز روزانه ۸۸۸/۷ گرم برای بزرگسالان و برای کودکان ۱۷۷/۷ گرم

در جدول ۳ نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات آورده شده است. به این ترتیب بین غلظت مس و منیزیم، مس و روی، منیزیم و روی همبستگی معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/01$) و در بقیه موارد همبستگی معنادار وجود ندارد.

با توجه به نتایج مربوط به محاسبه مجموع شاخص ریسک (NHQ)، برای فلزات مورد بررسی این شاخص با

محاسبه شد (جدول ۴).

جدول ۴: مقادیر شاخص ریسک و حداکثر میزان مجاز مصرف مجاز روزانه عضله ماهی قزلآلای رنگین‌کمان

ردۀ سنی	فلز	میانگین غلظت فلز در عضله (C) بر حسب میکروگرم بر گرم	مصرف روزانه (ADD) بر حسب میکروگرم بر گرم در رو ز	حداکثر مصرف مجاز روزانه (CR) بر حسب گرم	شاخص ریسک (HQ)
مس	بزرگسالان	۰/۰۱	۰/۰۲	۵/۵	۴/۵۷۵
آهن	(کیلوگرمی)	۰/۰۶	۰/۰۲۲	۸۱۶/۶	۰/۰۳۲
روی	(کیلوگرمی)	۱/۰۵	۰/۳۷۵	۲۰	۱/۲۵
نیکل		۰/۰۳	۰/۰۲	۴۶/۶	۱
جمع		۱/۶۵	۰/۴۳۷	۸۸۸/۷	۵/۶۰۷
مس		۰/۰۱	۰/۰۶	۱/۱	۲۳
آهن	کودکان	۰/۰۶	۰/۱۱	۱۶۳/۳	۰/۱۶
روی	(کیلوگرمی)	۱/۰۵	۱/۸۷۵	۴	۶/۲۵
نیکل		۰/۰۳	۰/۰۶	۹/۳	۳
جمع		۱/۶۵	۲/۱۰۵	۱۷۷/۷	۳۲/۴۱

جدول ۵: مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در تحقیق حاضر با حد مجاز استانداردهای بین‌المللی (میکروگرم بر گرم وزن تر)

استانداردها	مس	منیزیم	آهن	روی	نیکل	منابع
WHO	۱۰	-	۱۰۰	۱۰۰	۰/۴	WHO, 1996 ²⁶
FAO	۳۰	-	۱۰۰	۵۰	-	FAO, 2000 ²⁷
MAFF	۲۰	-	-	۵۰	-	MAFF, 1995 ²⁸
تحقیق حاضر	۰/۸۷	۱۱/۲۳	۰/۰۱	۱/۹۸	۰/۰۴	--

بحث

اهمیت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آبزیان به دو مبحث مهم مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان باز می‌گردد.^{۲۹} در این پژوهش تجمع فلزاتی مانند مس، آهن، روی، نیکل و سرب در بافت کبد بیش از بافت عضله مشاهده شد. اختلاف در میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی توسط محققین زیادی گزارش شده است.^{۳۰,۳۱} قابلیت تجمع پذیری در کبد نسبت به عضله برای فلزات سنگین بیش تر می‌باشد. تفاوت تجمع فلزات سنگین در بدن

در جدول ۵ مقایسه غلظت‌های اندازه‌گیری شده این تحقیق با حد مجاز استاندارهای بین‌المللی در بافت عضله ماهی قزلآلای رنگین‌کمان ذکر شده است که طبق آن مشخص شد، غلظت فلزات مورد بررسی کمتر از حد مجاز استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization)^{۲۶}، سازمان خواروبار جهانی (Food and Agriculture Organization)^{۲۷} و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF)^{۲۸} می‌باشد.

همکاران (۲۰۱۱) در بررسی فلزات مس، آهن، نیکل و روی در بافت کبد بیشتر مشاهده شده است که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. میانگین غلظت فلز نیکل در بافت کبد و عضله ماهی نسبت به سایر فلزات سنگین در کم ترین مقدار خود می باشد که از مطالعه سافور و همکاران (۲۰۱۲) که سطوح فلزات سنگین (Cd, Ni, Zn) و ارزیابی خطر آن در عضله برخی ماهیان خوارکی رودخانه بنگشی (Bangshi) بنگلاش بررسی کردند و روند تجمع فلزات بر مبنای غلظت را بصورت روی <نیکل> کادمیوم گزارش کردند^{۴۴}، تا حدودی پیروی دارد. با توجه به این مطلب که یکی از اهداف مهم این پژوهش، مطالعه و بررسی ارتباط بین ویژگی‌های زیستی ماهی همچون طول چنگالی و وزن با میزان جذب فلزات سنگین در بافت عضله و کبد می باشد، لذا نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین با طول چنگالی و وزن کل نشان داد که منیزیم در هر دو بافت کبد و عضله، همبستگی معنی‌داری قوی و مثبتی وجود دارد و در مورد فلز نیکل هیچ‌گونه همبستگی مثبتی در هر دو بافت با طول چنگالی و وزن کل وجود ندارد. همچنین برای فلز مس همبستگی قوی در بافت عضله با طول چنگالی و وزن کل وجود دارد، اما در بافت کبد فقط با وزن کل رابطه معنادار وجود دارد. فلز آهن نیز در بافت عضله با وزن کل همبستگی مثبت وجود دارد. آهن جز عناصر ضروری بدن می باشد که افزایش میزان آن با افزایش وزن بافت عضله را می توان به خون رسانی بیش تر بدن به این بافت نسبت داد. فلز روی نیز همبستگی در هر دو بافت با وزن کل وجود دارد و طول چنگالی با بافت کبد ارتباط معناداری وجود دارد. میزان تجمع فلزات معمولاً با افزایش وزن و طول بدن افزایش می یابد. نتایج حاصل از پژوهش آیسه (۲۰۰۳) که بر روی دو گونه *Sparus aurata* و *Mugil cephalus* انجام پذیرفت، مشخص نمود که بین غلظت فلزات سنگین آهن، مس، نیکل، کروم، سرب و روی در بافت‌های عضله و پوست با اندازه بدن

ماهیان با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است^{۳۲}. کبد به دلیل نقشی که در تجمع، انتقال زیستی و دفع آلاینده‌ها دارد، معمولاً میزان فلزات در آن بالا است^{۳۳}. در کبد و عضله، پروتئین‌هایی از جمله متالوتیونین‌ها مسئول حذف و خنثی‌سازی عناصر فلزی و آثار سمی آن هاست، زیرا پروتئین‌های دیگری در داخل سلول نقش آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی از جمله گلوتاتیون را بازی می کنند^{۳۴}. کبد در ابتدا فلزات را از پلاسمای خون استخراج، در خود ذخیره و سپس آن‌ها را به ترکیبات ساده‌تر و بی‌ریسک تجزیه می کند و از طریق دستگاه گردش خون در بدن پخش می کند و مواد غیرضروری را به‌وسیله جریان خون به صفراء منتقل می کند^{۳۵}. بنابراین، موارد بیان شده از دلایل مهم بالا بودن میزان فلزات مورد مطالعه به جز فلز سنگین منیزیم در تحقیق حاضر بود. این موضوع با مطالعات Harkabusova^{۳۶} و همکاران، (۲۰۰۹)، Fallah^{۳۷} و همکاران، (۲۰۱۱)، Svobodova^{۳۸} و همکاران (۲۰۰۲)^{۳۹} که بر روی غلظت فلزات سنگین در قزلآلای رنگین‌کمان انجام شده مطابقت دارد. همچنین با مطالعاتی که با بررسی فلزات سنگین Shah^{۴۰} و همکاران (۲۰۰۹)^{۴۱} و De Rosemond^{۴۰} و همکاران (۲۰۰۸)^{۴۲} مطابقت دارد.

میزان غلظت فلز ضروری روی بیش از مس در این مطالعه مشاهده شد که این موضوع می تواند به دلیل دفع کمتر روی نسبت به فلز مس باشد، از طرفی به دلیل متالوآنزیم‌های روی و آنزیم‌های پروتئینی باشد که موجب تشکیل حلقه‌های پایدار را می دهند^{۴۳}. این نتایج با مطالعه جفتیک و همکاران (۲۰۱۰)، برای فلز مس، آهن، روی و منیزیم با مطالعه حاضر مطابقت دارد. به‌طوری که غلظت فلزات مس، آهن و روی در کبد بیشتر از عضله و غلظت منیزیم در بافت عضله بیش تر از بافت کبد مشاهده کردند. همچنین با مطالعه^{۴۴} جاریک و

کنونی مصرف (۲۵ گرم در روز) برای مصرف کنندگان آنها در این مناطق ریسک‌های آشکاری را به همراه دارد. میزان شاخص ریسک بیشتر از یک بیانگر این است که افراد مصرف کننده در اثر مصرف ماهی قزلآلای رنگین‌کمان در معرض میزان بیشتری از دوز مواجهه قرار می‌گیرند. در مجموع با توجه به جمع شاخص ریسک، حد مجاز مصرف این ماهی به میزان ۸۸۸/۷ گرم در روز برای بزرگسالان و ۱۷۷/۷ گرم در روز برای کودکان محاسبه شد. با این وجود میزان برآورد شاخص ریسک یک میزان نسبی و محافظه‌کارانه است که می‌تواند تا حدودی امکان وجود ریسک را برای ما آشکار کند و به عنوان یک شاخص مناسب مورد استفاده قرار گیرد.^{۱۶}

(طول کل و وزن بدن) ارتباط مثبت و معنی داری وجود دارد.^{۴۰} ارتباط بین غلظت فلزات با وزن و طول بدن دلایلی از جمله سرعت متابولیسم و سرعت رشد بافت‌ها همچنین عادات تغذیه‌ای در طول دوره رشد عنوان کردند.^{۴۷،۴۶}

نتیجه‌گیری

در جمع بندی نهایی، با وجود اینکه مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین مس، آهن، روی، منیزیم و نیکل در تحقیق حاضر با حد استاندارد WHO، USEPA و FAO نشان داد، غلظت فلزات مذکور کمتر از حد مجاز است. اما نتایج ارزیابی شاخص ریسک مصرف این ماهی را محدود می‌نماید. به‌طوری‌که میزان برآورد شاخص ریسک برای فلزات مس و روی بیش از یک به دست آمد که می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که مصرف ماهی قزلآلای موردمطالعه با نرخ

Reference

- Rana SVS. Environmental pollution (health and toxicology). Alpha Sci Int Limit, Oxford U.K. 2006: 269.
- Saxena M, Saxena HM, Sangha GK, Kaur K. Effect of heavy metal pollution of water on total plasma proteins and serum protein profiles of Common Carp fish (*Cyprinus carpio*). *J Vet Med* 2009; 5(2): unpaginated.
- Marijic VF, Raspot B. Metal exposure assessment in native fish, *Mullus barbatus* L., from the Eastern Adriatic Sea. *J Toxicol Lett* 2007; 168(3): 292-301.
- Demirezen D, Uruç K. Comparative Study trace elements in certain fish meat and meat products. *J Meat Sci* 2006; 74(2): 255-60.
- Aghazadeh MM. Biotoxins present in aquatic animals and their complications. *Iran J Vet Soc* 2005; 14: 22-35.
- Moghadasian MH. Advances in dietary enrichment with n-3 fatty acids. *J Crit Rev Food Sci Nutr* 2008; 48(5): 402-10.
- Xie Y, Chen Tb, Lie M, et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis. *Chemosphere* 2011; 82(3): 468-76.
- Lashkari Moghaddam NN, Rabbani M, Panahi AE. Investigating the amounts of heavy metals (zinc, cobalt, nickel and cadmium) in canned tuna and its oil. *J Mar Sci Technol Res* 2008; 3(2): 78-84. [In Persian].
- Khayatzadeh J, Abbasi E. The Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals. The 1st International Applied Geological Congress; 26-28 April 2010, Department of Geology; Islamic Azad University of Mashad, Iran. [In Persian].
- FDA (Food and Drug Administration). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Report of the Panel on Micronutrients. National Academy Press, Washington DC, Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition; Dietary supplements. 2001.
- Powers KM, Smith-Weller T, Franklin GM, et al. Parkinson's disease risks associated with dietary iron, manganese, and other nutrient intakes. *J Neurol* 2003; 60(11):1761-6.
- Berlin M. Handbook of the Toxicology of Metals. 4th edition. Elsevier, 2014: 1542.
- Witteman JC, Willett WC, Stampfer MJ, et al. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US women. *Circulation* 1989; 80(5): 1320-7.
- Morris RC, Sebastian A. Potassium responsive hypertension In: Laragh JH, Brenner BM, editors. Hypertension. pathophysiology, diagnosis and management. Raven Press, 1995: 311.

15. Mazdeh M, Torabian S. Comparison of Serum Levels of Magnesium and Potassium in Stroke Patient and Healthy Controls. *J Fasa Univ Med Sci* 2011; 1(2): 65-71.
16. Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *J Environ Pollut* 2011; 159(10): 2575-85.
17. USEPA, Guidance for Assessing Chemical Contaminant, Data for Use in Fish Advisories.Risk assessment and fish consumption limits; US Environmental Protection Agency 2000.
18. Yeganeh M. Modeling the process of accumulation of heavy elements in surface soils of Hamedan province and determining the risk of it for human health. Isfahan University of Technology 2012: 250. [dissertation]. [In Persian]
19. Ma J, Singhirunnusorn W. Distribution and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Dusts of Maha Sarakham Municipality. *J Procedia Soc Behav Sci* 2012; 50: 280-93.
20. Mansouri B, Maleki A, Azadi N, et al. Food Risk Assessment of Heavy Metals in Consumption of Common Carp in Zarivar Wetland. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2017; 26(146): 201-5. [Persian]
21. Usero J, Izquierdo C, Morill J, Gracia I. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *J Environ Int* 2004; 29(7): 949-56.
22. Taghavi Jelodar H, Sharifzadeh Baei M, Najafpour Sh, Fazli H. The Comparison of Heavy Metals Concentrations in Different Organs of *Liza aurata* Inhabiting in Southern Part of Caspian Sea. *J World Appl Sci* 2011; 96-100.
23. Ardalan AA, M.Sharif A, Farahani Z. Trace elements accumulation and nutritive value in muscle tissue of golden mullet from the Kiashahr Port (Caspian Sea). *J Adv Environ Biol* 2012; 6(1): 232-5.
24. Voegborlo RB, Akagi H. Determination of mercury in fish by cold vapor atomic absorption spectrometry using an atomic mercury analyzer. *J Food Chem* 2007; 100(2): 853-62.
25. Iranian Fisheries Organization Statistical Yearbook 2001-2011. Iranian Fisheries Organization Department of Planning and Development Management, the Office of Management and Budget; 2014. [In Persian]
26. WHO (World Health Organization). Health criteria other supporting information. Guidelines for Drinking Water Quality; 1996.
27. FAO (Food and Agriculture Organization). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular. Rome Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2000.
28. MAFF, 1995. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report. Lowestoft: Directorate of Fisheries Research; 1993.
29. Dural M, Goksu MZL, Ozak AA. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species from the Tuzla lagoon. *J Food Chem* 2007; 102: 415-21.
30. Canli M, Atli G. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *J Environ Pollut* 2002; 121(1): 129-36.
31. Goyer R. Toxic Effects of Metals In: Amdur MO, Doull JD, Klaassen CD, Eds. Casarett & Doull's Toxicology, Pergamon Press. 4th Edition. New York, 1991: 623-80.
32. Visnjic-Jeftic Z, Jaric I, Jovanovic L, et al. Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontiac shad (*Alosa immaculata* Bennet 1835) from the Danube River (Serbia), *J Microchem* 2010; 95(2): 341-9.
33. Rao LM, Padmaja G. Bioaccumulation of heavy metals in *M. cyprinoids* from the harbor waters of Visakhapatnam. *J Bull Pure Appl Sci* 2000; 19(2): 77-85.
34. Blázovics A, Abaza M, Sipos P, et al. Biochemical and morphological changes in liver and gallbladder bile of broiler chicken exposed to heavy metals (cadmium, lead, mercury). *J Trace Elem Electrolytes* 2002; 19(1), 42-7.
35. Harkabusová V, Machářková B, Čelechovská O, Vitoulová E. Determination of Arsenic in the Rainbow Trout Muscle and Rice Samples. *Czech J Food Sci* 2009; 27: 404-6.
36. Svobodova Z, Celechovska O, Machova J, Randak T. Content of arsenic in market-ready rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Vet. Brno* 2002; 71: 361-7.
37. Fallah AA, Saei-Dehkordi SS, Nematollahi A, Jafari T. Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique. *Microchemical J* 2011; 98: 275-9.
38. Shah AQ, Kazi T, Arain MB, Jamali MK, et al. Accumulation of arsenic in different fresh water fish species – potential contribution to high arsenic intakes. *Food Chem* 2009; 112: 520-4.
39. De Rosemond S, Xie Q, Liber K. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada. *Environ Monit and Assess* 2008; 147:199-210.
40. Kendrick MH, May MT, Plishka MJ, Robinson KD. Metals in biological systems. England: Ellis Horwood Ltd 1992: 183.
41. Schriver DF, Atkins PW, Longford CH. Inorganic

- chemistry. Oxford: Oxford University Press. New York, 6th edition. Freeman and Company 2014: 875.
42. Jarić I, Višnjić-Jeftić Z, Cvijanović G, et al. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. *J Microchem* 2011; 98(1): 77–81.
43. 44. Rahman MS, Molla AH, Saha N, Rahmanc A. Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. *J Food Chem* 2012; 134(4), 1847–54.
44. Yilmaz AB. Comparison of heavy metal level of grey Mullet (*Mugil cephalus L.*) and Sea Bream (*Sparus aurata L.*) caught in Iskenderun Bay. *J Environ Sci* 2003; 25(2): 115- 48.
45. Leung PTY, Ip JCH, Mak SST, et al. De novo transcriptome analysis of *Perna viridis* highlights tissue-specific patterns for environmental studies. *J BMC Genomics* 2014; 15(1): 1-14.
46. Pourang N, Nikouyan A, Dennis JH. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. *J Environ Monit Assess* 2005; 109(1-3): 293–316.